

Možnosti spolupráce a riadenia sériového hybridného pohonu automobilu

Matej Juraj · Elektrotechnika, Strojárstvo

27.06.2012

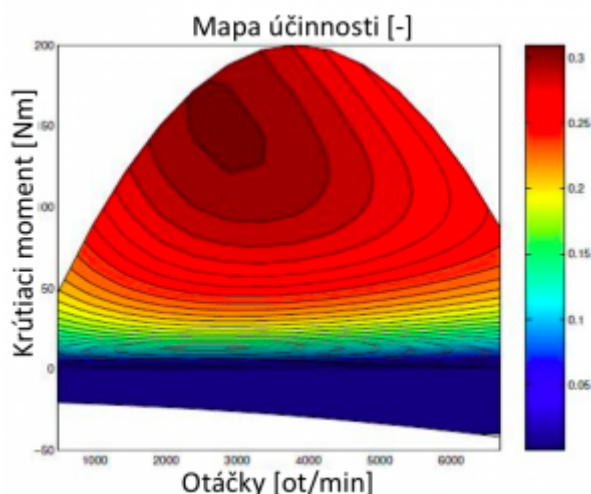


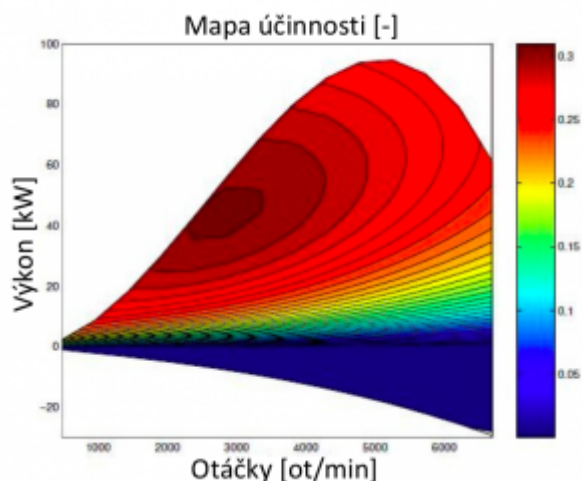
Spolupráca hybridného pohonu automobilu je silno závislá na charakteristikách hnacích agregátov. Aby sme dokázali dosiahnuť nízku spotrebu paliva spaľovacieho motora a/alebo nízku produkciu plyných emisií je potrebné poznať mapu merných spotrieb spaľovacieho motora resp. mapu produkcie emisií. Spotreba spaľovacieho motora je silno závislá na jeho zaťažení ako aj od otáčok, preto je veľmi dôležité dbať na správnu reguláciu spolupráce hnacích agregátov hybridného pohonu a vhodne zaťažovať spaľovací motor elektromotorom/generátorom.

Výhodou sériového hybridného pohonu je to, že spaľovací motor nie je zaťažovaný iba silou jazdných odporov, ale jeho záťaž je regulovaná pomocou elektromotora/generátora a tým je možné docieľiť zníženie spotreby paliva. Nasledujúci príspevok dokumentuje charakteristiky hnacích agregátov ako aj celého pohonu vozidla a približuje rôzne možnosti spolupráce a riadenia sériového hybridného pohonu automobilu.

Charakteristiky spaľovacieho a elektrického motora

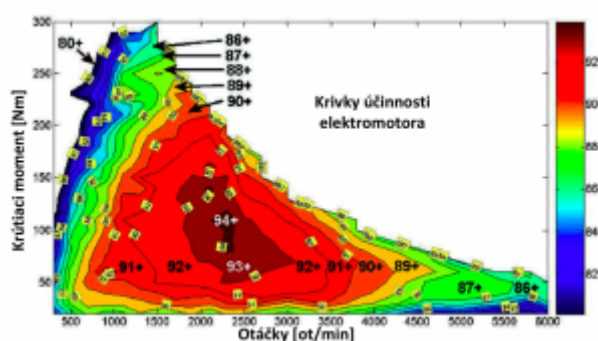
Spaľovací motor (ICE - Internal Combustion Engine) - menič chemickej energie z paliva na tepelnú spaľovaním a na mechanickú





Obrázok 1: Účinnosť spaľovacieho motora - momentová a výkonová charakteristika [2]

Elektromotor/Generátor (EMG) - menič elektrickej energie na mechanickú



Obrázok 2: Účinnosť Elektromotora (max.92%,Prius) [4]

Stratégia riadenia sériového hybridu

V riadení SHEV je najdôležitejšie nájsť najefektívnejšiu oblasť práce spaľovacieho motora a zabezpečiť jeho funkciu práve v tomto regióne - podľa mapy špecifickej spotreby. Najlepšie tento cieľ dosiahneme pomocou prevodovky plynule meniteľným prevodovým pomerom (CVT). Bez jej použitia je nútený motor pracovať presne podľa cestnej záťaže a stavu nabitia akumulátorov (SOC). Nadstavba programu Matlab - Advisor odporúča na riadenie Fuzzy logiku (FLC strategy - Fuzzy Logic Control Strategy).

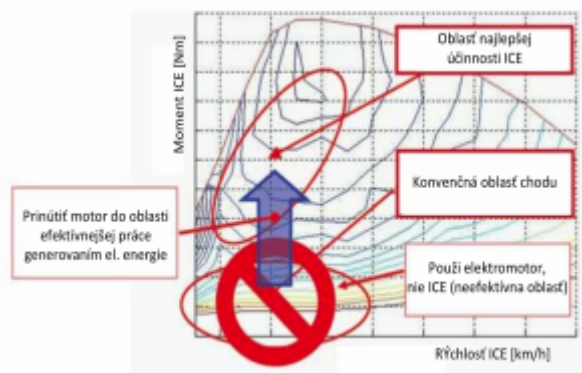


Obrázok 3: Stratégia riadenia [5]

Odporúčané sú dve stratégie zamerané na:

1. **Spotreba paliva (fuel-use strategy)** - riadi okamžitú spotrebu paliva obmedzovaním výkonu motora
2. **Stratégia efektívneho chodu (efficiency strategy)** - snaží sa riadiť motor iba v oblastiach maximálnej efektívnosti spotreby paliva. Ide o presnú kombináciu otáčok a krútiaceho momentu spaľovacieho motora, kde motor dokáže odovzdať najviac práce

počas relatívne nízkej spotreby paliva.



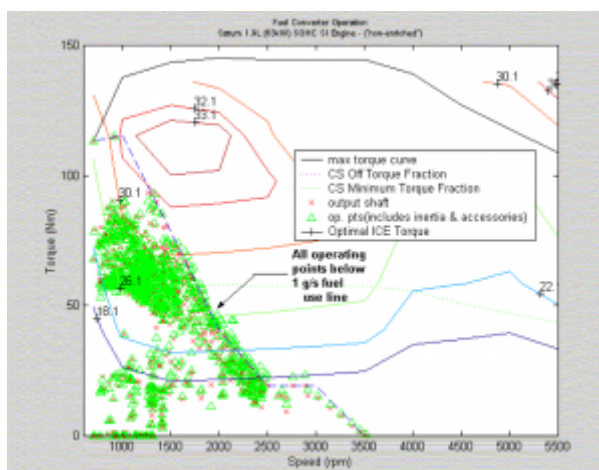
Obrázok 4: Riadenie stratégiou efektívneho chodu motora ICE

Spotreba paliva (fuel-use strategy)

Spotreba paliva je stratégia, ktorá obmedzuje okamžité využitie paliva (kvázistatická simulácia) spaľovacím motorom. Tým sa dá zaistiť, že využitie paliva [g/s] sa nezvyšuje nad určitú hodnotu. Táto stratégia nie je založená na využívanie vysokej účinnosti motora. Je to predovšetkým obmedzenie využitia paliva na určitú hodnotu. Každý motor má svoju mapu merných spotrieb [g/kWh]. Uvedená mapa slúži na určenie prípustného rozsahu otáčok a krútiaceho momentu motora. Nasledujúce premenné používané v tejto stratégii sú:

- `cs_fuzzy_fuel_mode` (boolean - nastavená na 1 pre fuel-use strategy/ na 0 pre efficiency strategy)
- `s_fuzzy_fuel_limit` (táto premenná je limitná hodnota spotreby paliva motora)

Môžeme zmeniť túto premennú tak, aby jej vyhovovali rôzne charakteristiky motorov s rôznymi mapami merných spotrieb. Nasledujúci graf zobrazuje charakteristiku spaľovacieho motora, kde bola spotreba paliva obmedzená na 1 [g/s].



Obrázok 5: Oblasť minimálnej spotreby paliva [6]

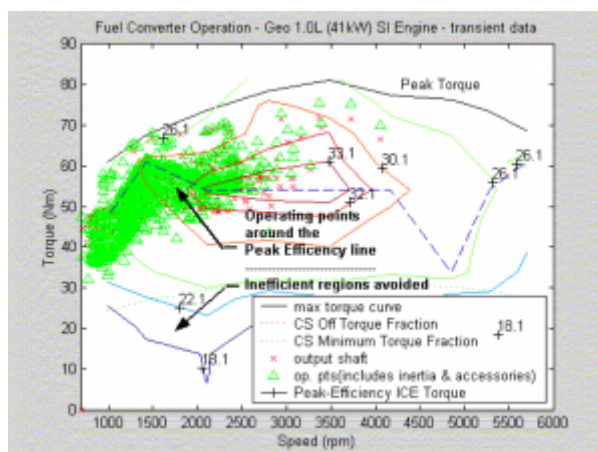
Premennú `cs_fuzzy_fuel_limit` [g/s] môžeme nastavovať opakovane až kým nedosiahneme najnižšiu hodnotu, ktorá však zabezpečí zároveň:

- dostatočný krútiaci moment pre jazdu
- udržať nabitie akumulátorov

- poskytuje prijateľnú spotrebu paliva na najazdené kilometre

Stratégia efektívneho chodu (efficiency strategy)

Táto stratégia sa používa na spustenie spaľovacieho motora pracujúceho výlučne v jeho oblasti maximálnej účinnosti. V tejto stratégii sú prevádzkové oblasti motora nastavené na moment, kde účinnosť je v maxime pre konkrétne otáčky motora. Vzhľadom k tomu, že elektromotor/generátor je k dispozícii pre zaťažovanie/odľahčovanie spaľovacieho motora, môže spaľovací motor pracovať v oblastiach, v ktorých spotrebuje menej paliva pri zachovaní stavu nabitia akumulátorov počas väčšiny jazdného cyklu. Je to možné dosiahnuť pomocou elektromotor/generátora, ktorý riadi výkon spaľovacieho motora. Výkon spaľovacieho motora tak nie je priamo závislý od jazdných odporov, ale jeho výkon riadime elektromotorom/generátorom na oblasť s najvyššou účinnosťou. Nasledujúci graf zobrazuje spaľovací motor, v ktorom sú prevádzkové oblasti v blízkosti maximálnej účinnosti.



Obrázok 6: Oblasť maximálnej efektívnosti [6]

Uvedená stratégia riadenia hybridného pohonu režimu má svoje výhody aj nevýhody. Výhodou je, že možno vždy udržiavať spaľovací motor v blízkosti najvyššej účinnosti. Nevýhodou je, že pri maximálnej účinnosti je prevádzková oblasť spaľovacieho motora s vysokým krútiacim momentom. Vo väčšine prípadov spaľovací motor tak produkuje viac krútiaceho momentu, než je potrebné pre jazdu s vozidlom. To má za následok nasledujúce fakty:

- vyššiu celkovú spotrebu paliva
- vysoké zaťažovanie spaľovacieho motora výkonom generátora

Aby sa zmiernili tieto negatíva, táto stratégia sa využíva zvyčajne len pre spaľovacieho motory s nižším výkonom. [6]

Režimy sériového hybridného pohonu

Sériový hybridný pohon poskytuje viacero kombinácií jednotlivých zdrojov pohonu. Pohon ma schopnosť variabilne zaťažovať spaľovací motor elektromotorom/generátorom a tým je jeho výkon nezávislý od potrebného výkonu na kolesách. Sériové hybridné vozidlo využíva výhradne elektromotor na pohon vozidla. Vzhľadom na relatívne nízku účinnosť spaľovacieho motora je dôležitá regulácia jeho

otáčok a krútiaceho momentu. Sériový hybridný pohon je schopný kombinovať režimy:

1. **Elektrický** – energiu dodávajú len akumulátory (EV mode)
2. **Nabíjací** – akumulátory dosiahnu SOCmin, všetku energiu na pohon dodáva generátor poháňaný spaľovacím motorom. Pohonom nespotrebovaná energia, dobíja akumulátory
3. **Motorový** – malá kapacita akumulátorov, energia je prevažne dodávaná z generátora poháňaného spaľovacím motorom (engine dominated strategy)
4. **Hybridný** – vozidlo poháňa elektromotor z akumulátorov a spaľovací motor zabezpečuje prostredníctvom generátora dostatočnú energiu
5. **Rekuperácia** – rekuperačné brzdenie, generátorom dobíjajúce akumulátory pri spomaľovaní

Použití literatúra

1. EHSANI, Mehrdad; GAO, Yimin; EMADI, Ali. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles : Fundamentals, Theory, and Design. druhé. U.S.A : CRC Press, 2010. 557 s. ISBN 9781420053982
2. KOOT, Michiel, et al. Energy management for vehicle power nets. F2004F368 [online]. 2004, Marec 2004, [cit. 2011-05-22]. Dostupné z WWW: yp.bmt.tue.nl/pdfs/4138.pdf
3. ŠTRBA, Richard. Nie je hybrid ako hybrid - ako funguje Toyota Prius . SMEblog [online]. 6.7.2009, Júl 2009, [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://richardstrba.blog.sme.sk/c/198920/Nie-je-hybrid-ako-hybrid-ako-funguje-Toyota-Prius.html>
4. InformationBridge: DOE Scientific and Technical Information [online]. 2011, 2011-05-06 [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/890029-WIfqPO/890029.pdf>
5. BAYINDIR, Kamil Cagatay; GOZUKURUK, Mehmet Ali; TEKE, Ahmet. A comprehensive overview of hybrid electric vehicle: Powertrain configurations, powertrain control techniques and electronic control units. Elsevier [online]. 16.10.2010, Október 2010, [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890410004309
6. AVL ADVISOR 2004 Help documentation

Spoluautorom článku je Peter Krivosudský. Tento článok bol vypracovaný s podporou projektu v rámci Programu na podporu mladých výskumníkov na rok 2011 č. 7043
